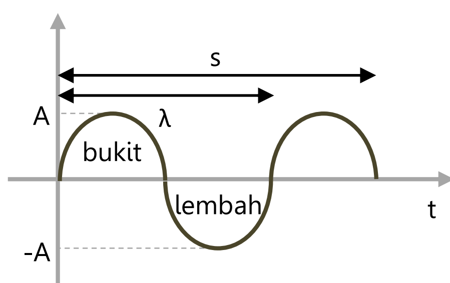
Gelombang

A. PENDAHULUAN

- **Gelombang** adalah getaran yang merambat.
- **Gelombang** merambat getaran tanpa me-mindahkan partikel. Partikel hanya bergerak di sekitar titik kesetimbangan.
- **Gelombang** berdasarkan medium dibagi menjadi:
  1) **Gelombang mekanik**, yaitu gelombang yang membutuhkan medium.
     Contoh: gelombang laut, gelombang bunyi.
  2) **Gelombang elektromagnetik**, yaitu gelombang yang tidak butuh medium.
     Contoh: gelombang cahaya.
- **Gelombang** berdasarkan arah rambat dibagi menjadi:
  1) **Gelombang transversal**, yaitu gelom-bang yang tegak lurus dengan arah rambat.
     Contoh: gelombang cahaya.
  2) **Gelombang longitudinal**, yaitu gelom-bang yang searah dengan arah rambat.
     Contoh: gelombang permukaan, gelombang bunyi, pegas.
  3) **Gelombang sirkular**, yaitu gabungan gelombang transversal dan longitudinal.
     Contoh: gelombang pada permukaan air.

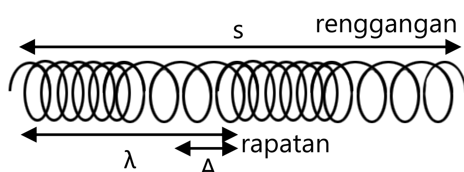
B. BESARAN-BESARAN GELOMBANG

- **Amplitudo** adalah simpangan terjauh yang dimiliki suatu gelombang.
- **Panjang gelombang** adalah:
  1) **Gelombang transversal**



Satu gelombang (λ) transversal adalah satu bukit dan satu lembah.

  2) **Gelombang longitudinal**



Satu gelombang (λ) longitudinal adalah satu rapatan dan satu renggangan.

- **Periode gelombang (T)** adalah lama waktu yang dibutuhkan untuk melakukan satu getaran.

$$T = \frac{t}{n}$$

T = periode (s)
t = waktu (s)
n = jumlah getaran (kali)

- **Frekuensi gelombang (f)** adalah jumlah getaran yang terjadi dalam satuan waktu.

$$f = \frac{n}{t}$$

f = frekuensi (Hz)
n = jumlah getaran (kali)
t = waktu (s)

- **Hubungan** periode dan frekuensi:

$$T = \frac{1}{f} \qquad f = \frac{1}{T}$$

- **Cepat rambat gelombang** dapat dirumuskan:

$$v = \frac{\lambda}{T} \qquad v = \lambda.f$$

C. GELOMBANG BERJALAN

- **Gelombang berjalan** adalah gelombang yang merambat dengan amplitudo tetap atau konstan di setiap titik yang dilaluinya.
- **Gelombang berjalan** memiliki bentuk yang sinusoidal, sehingga dapat dibentuk sebuah persamaan gelombang berjalan.
- **Fase gelombang (φ)** adalah sudut fase yang ditempuh tiap satu putaran.

$$\varphi = \frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}$$

t = waktu (s)
T = periode (s)

- **Sudut fase (θ)** adalah sudut yang ditempuh gelombang saat bergetar dalam fungsi sinus.

$$\theta = 2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}\right)$$

- **Beda fase (Δφ)** adalah selisih antara satu fase dengan fase lain.

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta x}{\lambda} \qquad \Delta x = x_2 - x_1$$

- **Nilai beda fase** berkisar antara nol sampai satu, dengan nilai bilangan bulat diabaikan.
- **Dua gelombang** dikatakan sefase apabila beda fasenya nol, dan memiliki frekuensi dan titik simpangan sama dalam waktu yang sama.
- **Dua gelombang** dikatakan berlawanan apabila beda fasenya setengah, dan memiliki frekuensi sama namun memiliki titik simpangan yang bercerminan.



- **Persamaan simpangan** gelombang berjalan:

$$y_P = \pm A \sin(\omega.t \pm k.x)$$

y = simpangan partikel P (m)
A = amplitudo (m)
ω = frekuensi sudut (rad/s)
t = waktu getar titik asal (s)
k = bilangan gelombang
x = jarak partikel P ke asal getaran (m)

dimana,

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \qquad k = \frac{2\pi}{\lambda} \qquad v = \frac{\omega}{k}$$

- **Persamaan simpangan** menggunakan fase gelombang:

$$y_P = \pm A \sin\left(2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}\right)\right)$$

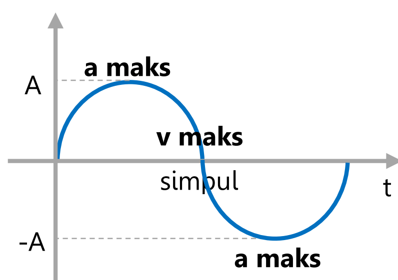
- **Makna** persamaan simpangan:

Amplitudo

- **Jika A > 0 (positif)**, maka arah getar gelombang pertama ke atas lebih dulu.
- **Jika A < 0 (negatif)**, maka arah getar gelombang pertama ke bawah lebih dulu.

Arah rambat gelombang

- **Jika ω dan k sama tanda**, maka arah rambat gelombang adalah ke kiri.
- **Jika ω dan k berbeda tanda,** maka arah rambat gelombang adalah ke kanan.



- **Persamaan kecepatan** gelombang berjalan merupakan turunan pertama dari persamaan simpangan.

$$y' = v = \frac{dy}{dt} \qquad v_P = \omega.A \cos(\omega.t \pm k.x)$$

- **Kecepatan minimum** gelombang terdapat pada **amplitudo**, dan **kecepatan maksimum** terdapat pada **simpul.**
- **Kecepatan maksimum** gelombang terjadi pada saat cos (ω.t ± k.x) = 1, dapat dirumuskan:

$$v_{maks} = \omega.A$$

- **Persamaan percepatan** gelombang berjalan merupakan turunan pertama persamaan kecepatan, dapat dirumuskan:

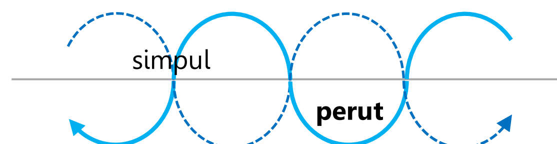
$$y'' = v' = a = \frac{dv}{dt} \qquad a_p = -\omega^2.A \sin(\omega.t \pm k.x)$$

- **Percepatan minimum** gelombang terdapat pada **simpul**, dan **percepatan maksimum** terdapat pada **amplitudo**.
- **Percepatan maksimum** gelombang terjadi pada saat sin (ω.t ± k.x) = 1, dapat dirumuskan:

$$a_{maks} = -\omega^2.A$$

D. GELOMBANG STASIONER

- **Gelombang stasioner** (diam) adalah gelombang yang merambat dengan amplitudo berubah atau tidak konstan di setiap titik yang dilaluinya.
- **Gelombang stasioner** dapat terbentuk karena:
  1) Dua gelombang koheren bergerak berlawanan arah di sekitar titik kesetimbangan.
  2) Sebuah gelombang mengalami pemantulan.
- **Gelombang stasioner** memiliki simpangan stasioner, amplitudo stasioner, simpul dan perut.

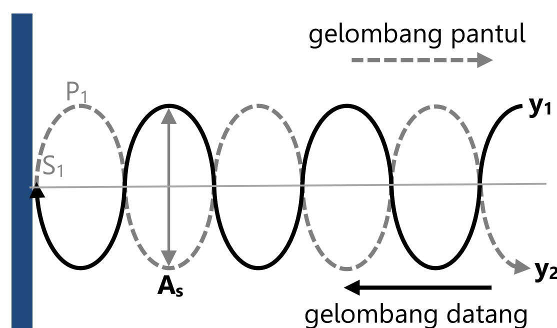


- **Cepat rambat** gelombang stasioner menurut percobaan Melde dipengaruhi oleh keadaan medium rambat gelombang.
- **Cepat rambat** gelombang stasioner menurut Melde dapat dirumuskan:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \qquad \mu = \frac{m}{L}$$

v = cepat rambat gelombang (m/s)
F = gaya tegangan tali (N)
μ = massa jenis tali tiap satuan panjang (kg/m)
m = massa tali (kg)
L = panjang tali (m)

- **Refleksi gelombang mekanik** akan menghasilkan sebuah gelombang stasioner.
- **Refleksi gelombang** pada ujung terikat:





Persamaan gelombang stasioner

$$y_b = 2A\sin(k.x)\cos(\omega.t)$$

Amplitudo gelombang stasioner

$$A_s = 2A\sin(k.x)$$

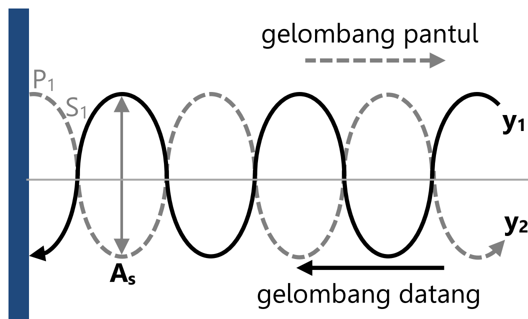
Letak simpul dari ujung terikat:

$$x_{Sn} = \frac{n-1}{2}\lambda$$

Letak perut dari ujung terikat:

$$x_{Pn} = \frac{2n-1}{4}\lambda$$

- **Refleksi gelombang** pada ujung bebas:



Persamaan gelombang stasioner

$$y_b = 2A\cos(k.x)\sin(\omega.t)$$

Amplitudo gelombang stasioner

$$A_s = 2A\cos(k.x)$$

Letak simpul dari ujung bebas:

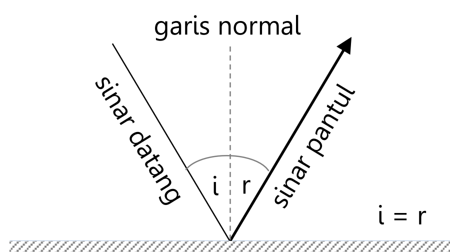
$$x_{Sn} = \frac{2n-1}{4}\lambda$$

Letak perut dari ujung bebas:

$$x_{Pn} = \frac{n-1}{2}\lambda$$

E. GEJALA-GEJALA GELOMBANG

- **Gejala-gejala gelombang** terdiri dari refleksi, dispersi, refraksi, difraksi, interferensi, polarisasi dan efek Doppler.
- **Refleksi** (pemantulan gelombang) terjadi berdasarkan hukum pemantulan gelombang:

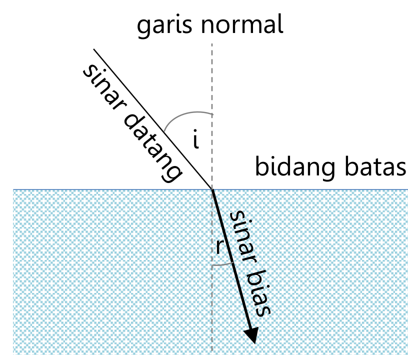


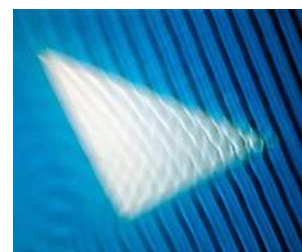
Gelombang datang, garis normal dan gelombang pantul terletak pada satu bidang datar.

Sudut datang (i) gelombang sama dengan **sudut pantul (r)**.

- **Dispersi** (penguraian gelombang) merupakan perubahan bentuk gelombang mekanik ketika merambat pada suatu medium berbeda.

  Contoh: penguraian polikromatik (putih) pada prisma menjadi monokromatik.
- **Refraksi** (pembiasan gelombang) terjadi berdasarkan hukum Snellius:





Gelombang datang, garis normal dan gelombang bias terletak pada satu bidang datar.

Gelombang datang dari medium kurang rapat ke lebih rapat dibiaskan mendekati garis normal, dan sebaliknya.

- **Persamaan umum** pembiasan gelombang:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = n$$

i = sudut datang
v_1 = kecepatan gelombang pada medium asal
r = sudut bias
v_2 = kecepatan gelombang pada medium tujuan
n = indeks bias relatif

- **Indeks bias** adalah perbedaan kecepatan gelombang (cahaya) yang terjadi pada dua medium yang berbeda kerapatannya.

Nilai indeks bias relatif

$$n = \frac{n_2}{n_1}$$

n = indeks bias medium 2 relatif 1
n_2 = indeks bias medium tujuan
n_1 = indeks bias medium asal

Persamaan indeks bias

$$n_1.\sin i = n_2.\sin r$$

- **Difraksi** (pelenturan gelombang) terjadi apabila suatu gelombang diberi penghalang bercelah.



1) **Difraksi pada celah lebar** menghasilkan gelombang dengan muka gelombang hanya melentur pada tepi celah.



2) **Difraksi pada celah sempit** menghasilkan difraksi yang jelas.



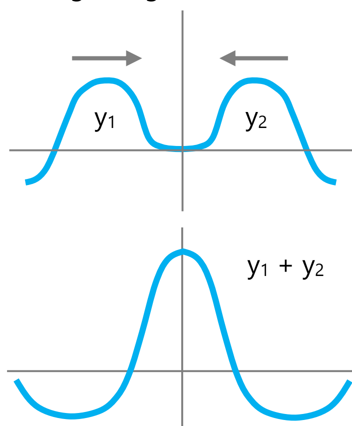
- **Interferensi** (perpaduan gelombang) terjadi karena perpaduan dua gelombang tunggal atau lebih terjadi berdasarkan prinsip superposisi.
- **Menurut prinsip superposisi:**

> Jika dua gelombang atau lebih berjalan dalam suatu medium, maka gabungan fungsi gelombang adalah penjumlahan aljabar tiap fungsi gelombang tersebut.

- **Superposisi** gelombang datang dengan gelombang pantul akan menghasilkan gelombang stasioner.
- **Interferensi** gelombang terbagi menjadi:

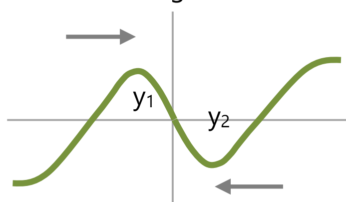
1) **Interferensi konstruktif/maksimum**

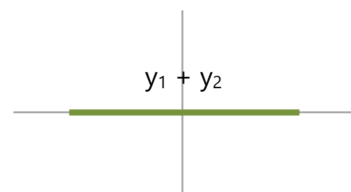
Adalah interferensi gelombang sefase dan bersifat saling menguatkan.



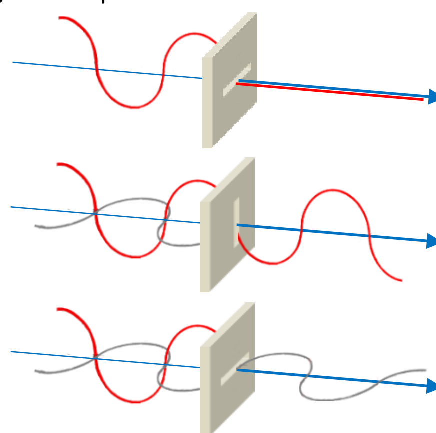
2) **Interferensi destruktif/minimum**

Adalah interferensi gelombang berlawanan fase dan bersifat saling meniadakan.





- **Interferensi** dua buah gelombang lingkaran akan menghasilkan pola terang-gelap yang merupakan pola interferensi konstruktif-destruktif.
- **Polarisasi** (pengkutuban gelombang) terjadi pada gelombang transversal, ketika gelombang melewati suatu celah (polaroid).
- **Suatu arah gelombang** akan terserap oleh celah apabila celah tidak sejajar dengan arah polarisasi, dan tidak akan terserap apabila celah sejajar dengan arah polarisasi.



- **Efek Doppler** adalah perubahan frekuensi atau panjang gelombang sumber gelombang yang diterima pengamat karena adanya gerak relatif di antara keduanya.

F. KEKEKALAN ENERGI MEKANIK GELOMBANG

- **Energi gelombang** merupakan energi mekanik yang dibawa gelombang ketika merambat.
- **Energi gelombang** dapat dirumuskan:

$$E = \frac{1}{2} k.A^2 \qquad k = 4.\pi^2.m.f^2$$

sehingga,

$$E = 2.\pi^2.m.f^2.A^2$$

E = energi gelombang (J)
k = bilangan gelombang
A = amplitudo (m)
m = massa (kg)
f = frekuensi (Hz)

